



elektro - its

# **Studi Penentuan Lokasi Distributed Generation (DG) untuk mengurangi Rugi-Rugi Daya pada Sistem Jaringan Ditribusi Radial menggunakan Metode K-means Clustering**

Oleh :  
**Muhammad Alief Amanullah**  
2212 100 193

Dosen Pembimbing :  
**Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.**  
**Ir. Ni Ketut Aryani, MT.**





# Ruang Lingkup

Latar Belakang

Permasalahan dan Tujuan

Batasan Masalah

Penyelesaian Tugas Akhir

*Metode K-Means Clustering*

Simulasi Dan Validasi

Kesimpulan

Studi Penentuan Lokasi Distributed Generation (DG) untuk mengurangi Rugi-Rugi Daya pada Sistem Jaringan Ditribusi Radial menggunakan Metode K-means Clustering

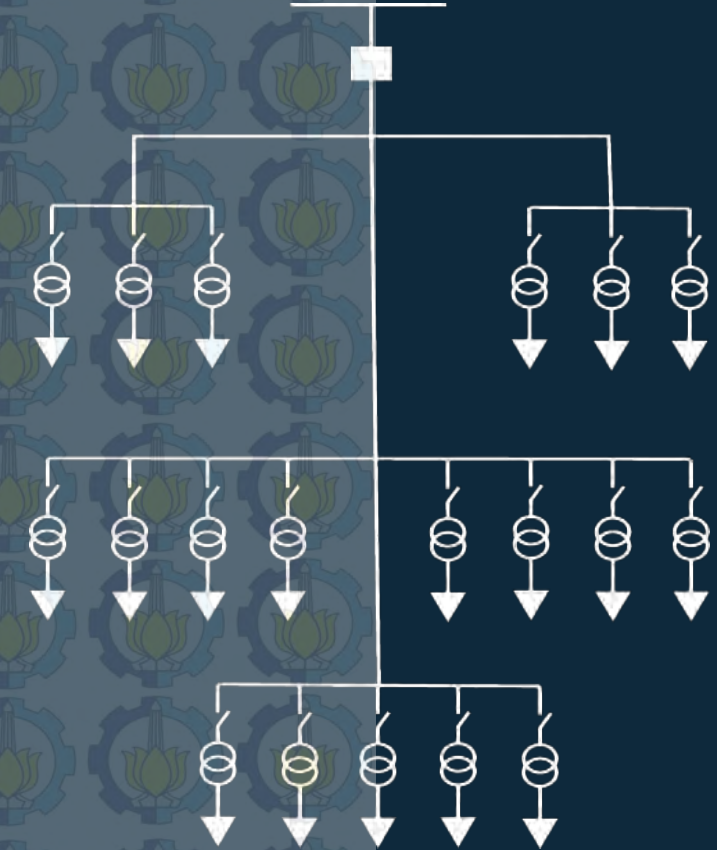




## 1

# Latar Belakang

- Studi menunjukkan bahwa hampir 10-13% dari total daya yang dibangkitkan hilang sebagai kerugian saluran yang menyebabkan peningkatan biaya energi dan profil tegangan yang buruk sepanjang saluran distribusi [1].
- Sistem distribusi aktif dengan menggunakan DG pada sistem distribusi dapat menjadi solusi untuk perbaikan profil tegangan pada bus dan losses pada saluran [2].
- Penempatan DG yang tidak tepat dapat membawa sistem kepada kerugian yang lebih besar dibandingkan dengan sistem tanpa DG [3].





## 2

## Permasalahan

1. Bagaimana penentuan lokasi DG untuk *single* DG sampai *multi* DG pada sistem jaringan distribusi radial dengan menggunakan metode *K means Clustering*.
2. Bagaimana hasil penurunan nilai rugi-rugi daya dengan pemasangan *single* DG dan *multi* DG berdasarkan metode *K-means Clustering*

## Tujuan

1. Mengetahui dan mengimplementasikan metode *K-means clustering* untuk penentuan lokasi DG dalam sistem distribusi radial.
2. Mengetahui hasil penurunan rugi-rugi daya dengan menempatkan *single* DG hingga *multi* DG berdasarkan metode *K-means Clustering*.

## 3





## 4

## Batasan Masalah

1. Pemodelan simulasi menggunakan sistem distribusi IEEE 33,34 dan 69-bus modifikasi tiga fasa dengan pendekatan satu fasa (sistem seimbang  $R=S=T$ ).
2. Tidak memperhatikan permasalahan kualitas daya
3. Karakteristik DG yang digunakan tidak diperhatikan dan *Output* DG dianggap ideal
4. Kapasitas total DG adalah 50% dari total beban sistem [16]
5. Studi untuk pemasangan *multi* DG dibatasi sejumlah dengan jumlah K-group dimasing-masing kasus
6. DG dimodelkan dengan *negative PQ load*
7. Hanya memperhatikan P losses (Watt) sistem
8. Software yang digunakan Matlab R2015a dan ETAP 12.6





## 5

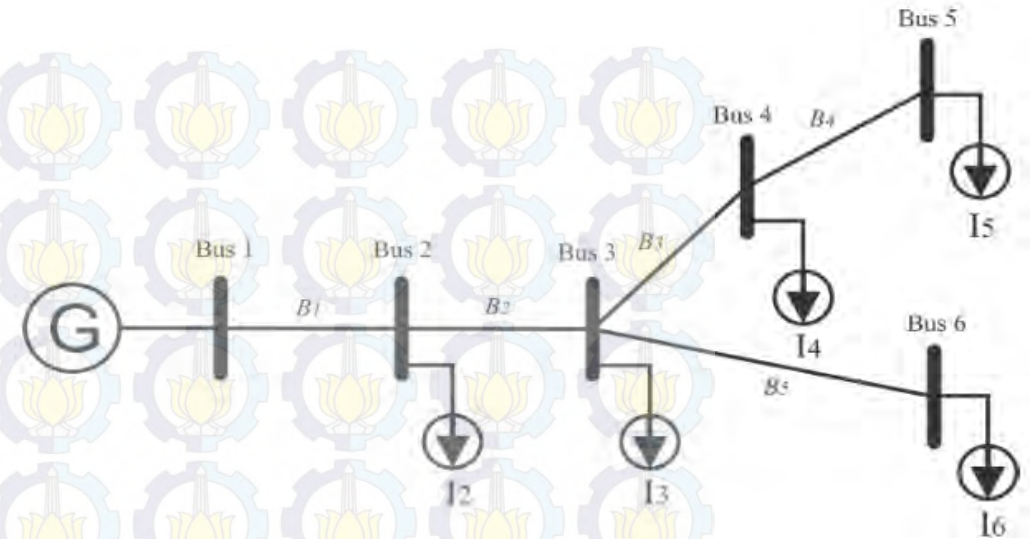
## Flow Chart Penyelesaian Tugas Akhir





# 6

## Metode Backward Forward (K-Matriks)



Dari hukum arus khirchoff didapatkan

$$B_5 = I_6$$

$$B_4 = I_5$$

$$B_3 = I_4 + I_5$$

$$B_2 = I_3 + I_4 + I_5 + I_6$$

$$B_1 = I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6$$

Pembentukan matrik BIBC (Branch Injection Branch Current)

$$\begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \end{bmatrix}$$

Model  
Matrik BIBC  
[B] = [BIBC] [I],

Drop tegangan dapat dihitung sebagai berikut :

Pembentukan Matriks BCBV (Branch Current to Branch Voltage)

$$V_1 - V_2 = B_1 \cdot Z_{12}$$

$$V_1 - V_3 = B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23}$$

$$V_1 - V_4 = B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} - B_3 \cdot Z_{34}$$

$$V_1 - V_5 = B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} - B_3 \cdot Z_{34} - B_4 \cdot Z_{45}$$

$$V_1 - V_6 = B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} - B_3 \cdot Z_{34} - B_4 \cdot Z_{45} - B_5 \cdot Z_{26}$$

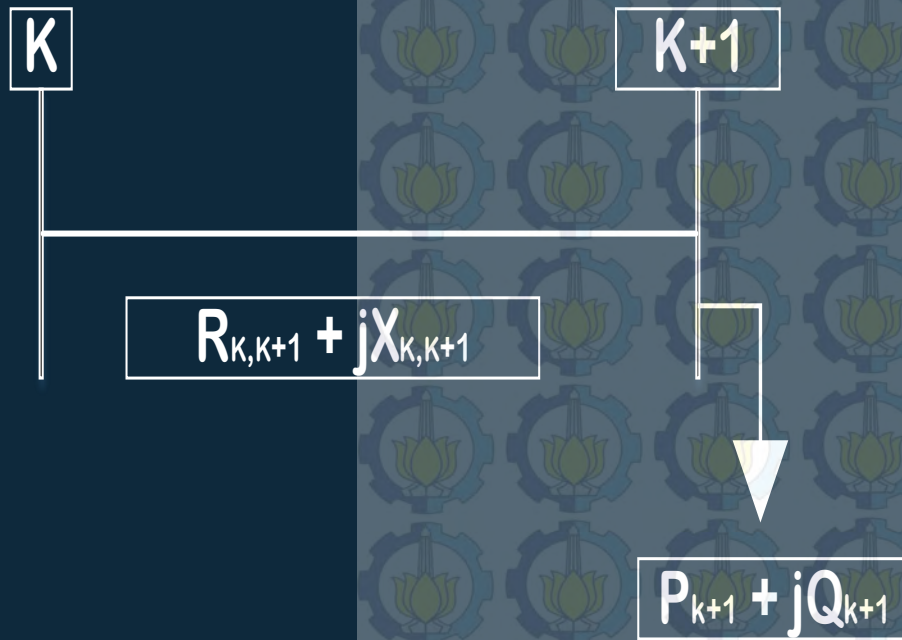
$$\begin{bmatrix} V_1 - V_2 \\ V_1 - V_3 \\ V_1 - V_4 \\ V_1 - V_5 \\ V_1 - V_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & Z_{45} & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & 0 & 0 & Z_{36} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix}$$

Model  
Matrik BCBV  
[ΔV] = [BCBV] [B],



## *Loss Sensitivity Factors [3]*

Loss Sensitivity Factor (LSF) merupakan sebuah metode yang digunakan untuk menghitung nilai indeks berdasarkan kerugian daya terhadap daya kompensasi yang akan diinjeksikan pada saluran.



$$P_{Loss_{k,k+1}} = (I_{k,k+1})^2 * (R_{k.k+1})$$

$$P_{Loss_{k,k+1}} = \left( \frac{(P_{k+1})^2 + (Q_{k+1})^2}{|V_{k+1}|^2} \right) * (R_{k.k+1})$$

Nilai LSF dapat dinyatakan dengan turunan persamaan diatas terhadap  $P_{k+1}$

$$\frac{\partial P_{loss_{k,k+1}}}{\partial P_{k+1}} = \frac{2 * P_{k+1} * R_{k,k+1}}{|V_{k+1}|^2}$$

$$LSF = \frac{2 * P_{k+1} * R_{k,k+1}}{|V_{k+1}|^2}$$



## 6

## *K-means Clustering* [15]

*K-means Clustering* merupakan metode *clustering* berbasis jarak yang membagi data-data (LSF dan dV) ke dalam sejumlah *cluster* (kelompok). Pengelompokan didasarkan pada jarak minimum setiap data dari setiap titik pusat (centroid) yang sudah ditentukan sebelumnya.

Jarak yang data digunakan dalam metode K-means Clustering ini adalah *Euclidean Distance*. Persamaan *Euclidean Distance* adalah sebagai berikut:

$$d(x_j, C_j) = \sqrt{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (x_j - C_i)^2}$$

d = jarak

n = jumlah data

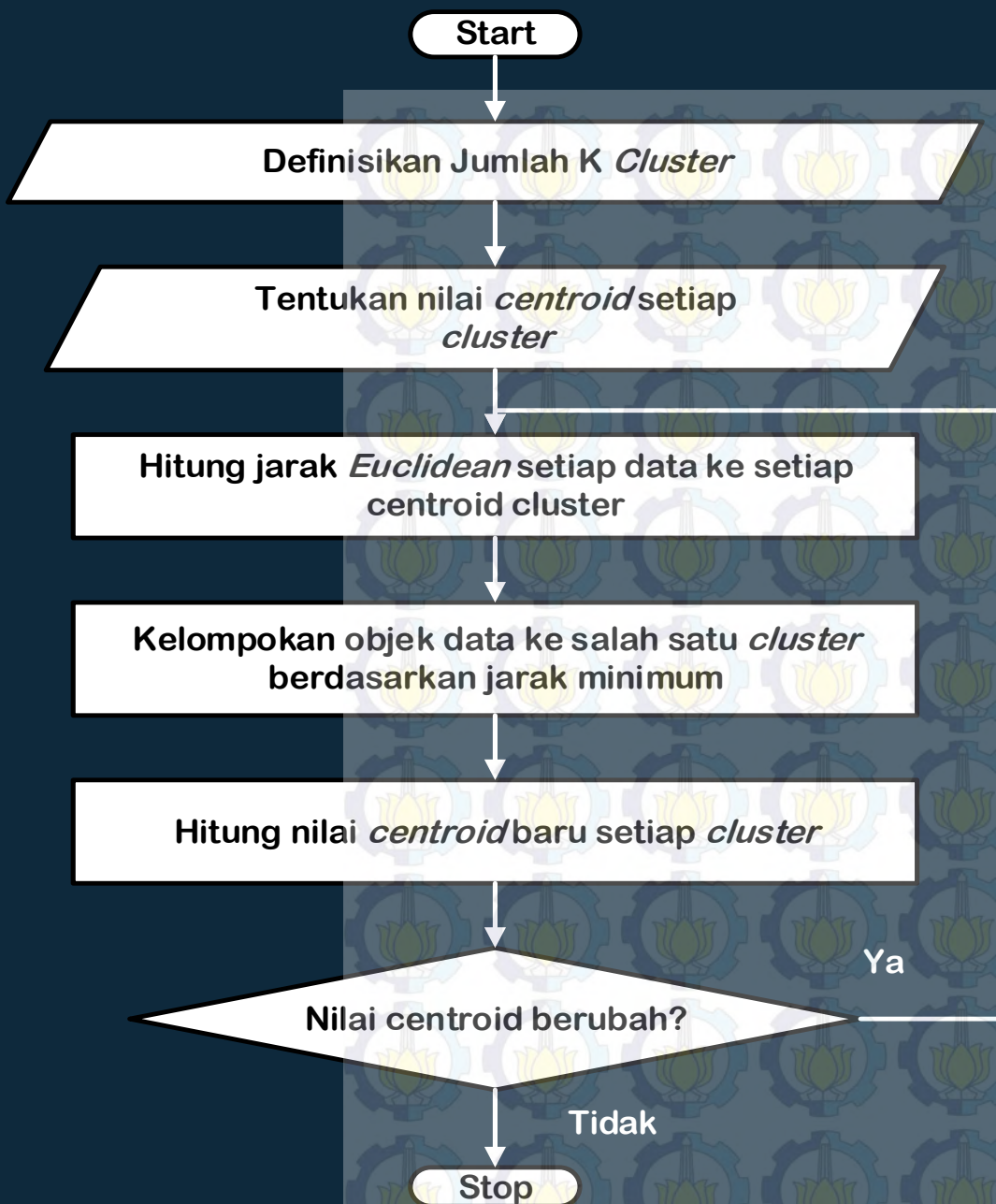
m = jumlah *cluster*

c = centroid

x = data







$$K \approx \sqrt{\frac{n}{2}} [14]$$

K = jumlah *cluster*  
n = jumlah data (bus)



## *K-means Clustering*

6





## 6

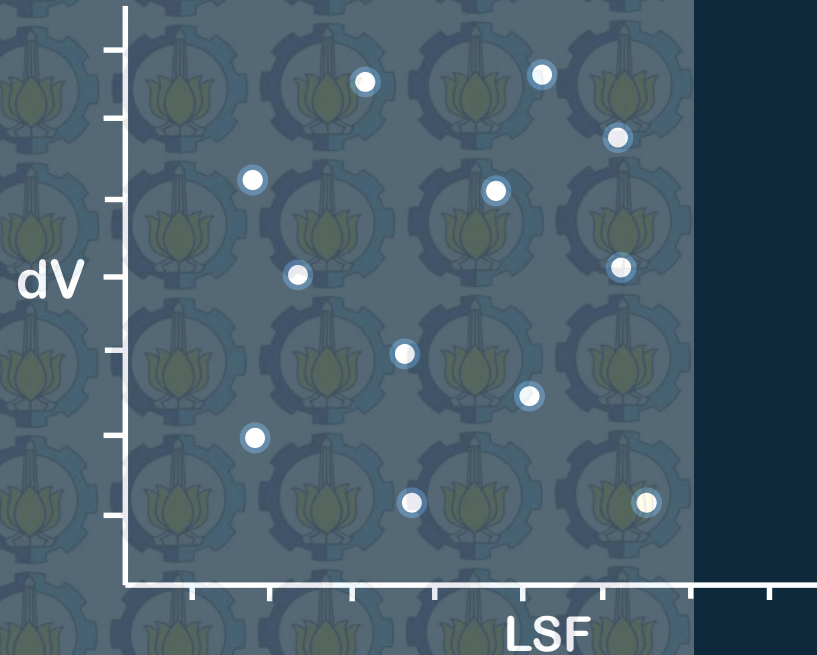
## *K-means Clustering* [15]

Perhitungan untuk  
Input K-means

1. Loss Sensitivity Factor (LSF)
2. Deviasi Tegangan (dV)

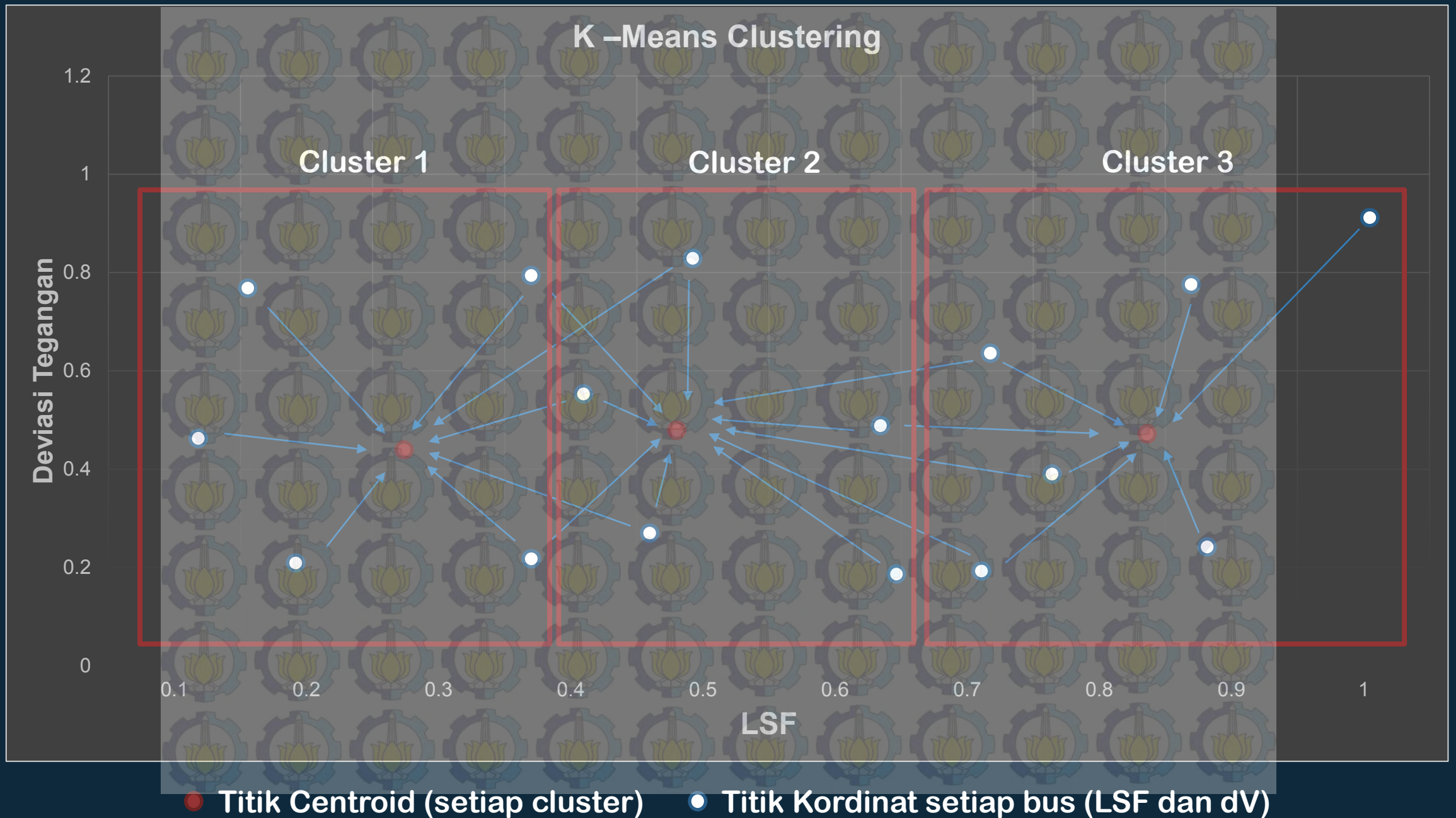


K –Means Clustering

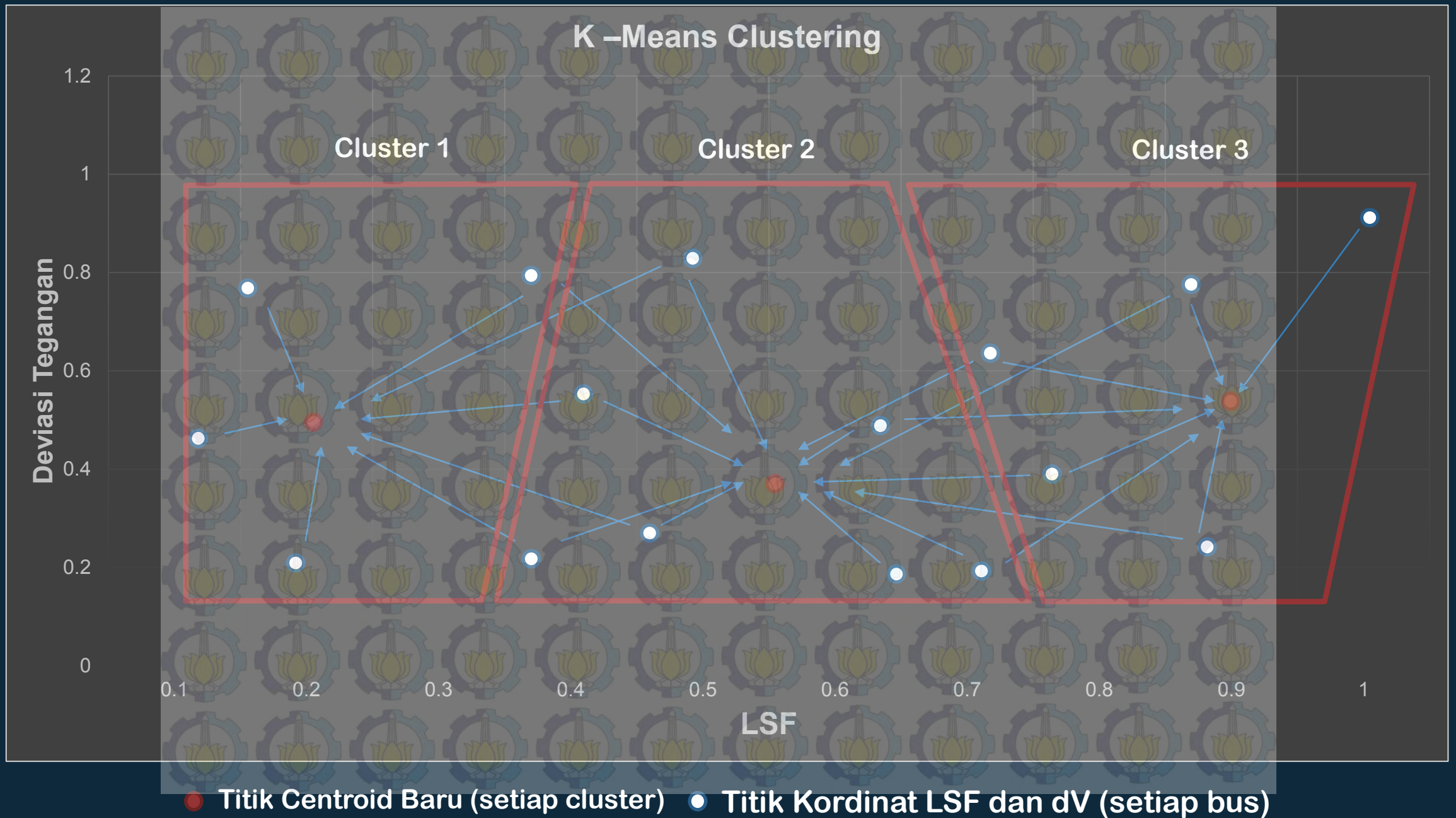


Setiap bus memiliki posisi koordinat (LSF,dV)











## 7

## Penentuan Kandidat [ 13 ]

1. Kandidat bus pemasangan DG ditentukan dari masing-masing *cluster*.

3. Urutan Kandidat didasarkan pada ranking cluster yang didapatkan dari rata-rata nilai anggotanya.

2. Kandidat bus adalah bus yang memiliki nilai indeks clustering terbesar dari masing-masing *cluster*.





## 7

## Distributed Generation

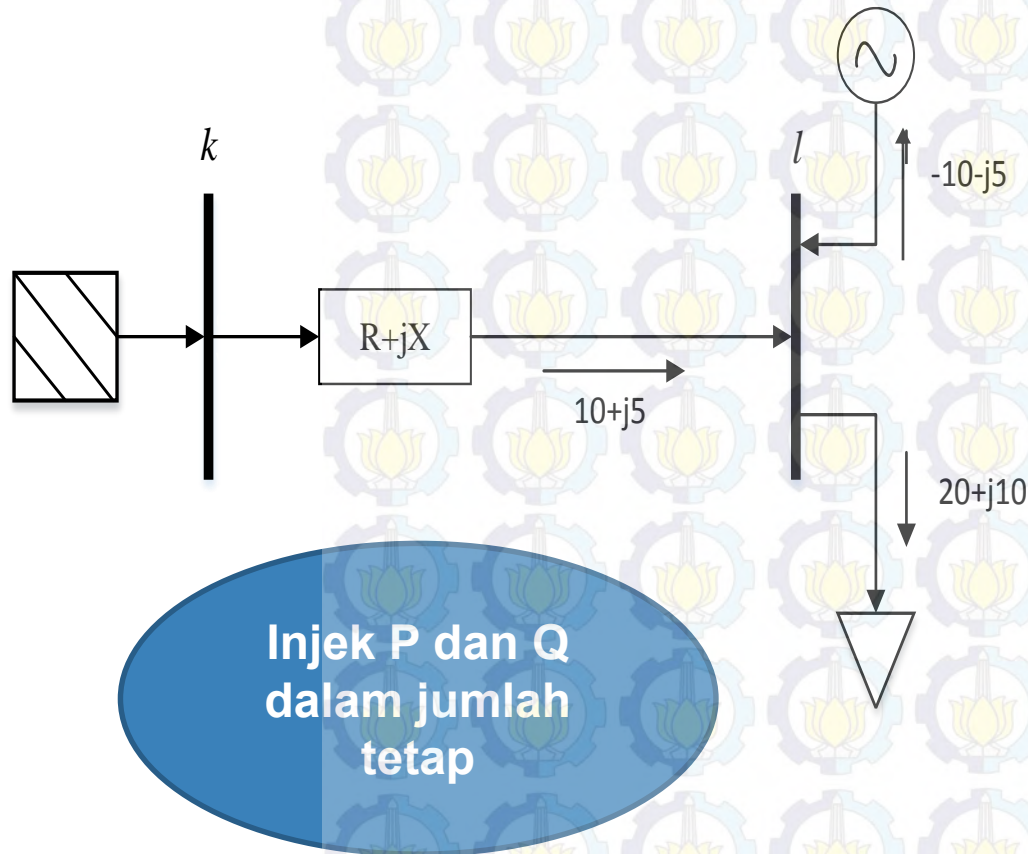
DG adalah sebuah pembangkit yang menghasilkan energi dalam kapasitas yang lebih kecil dibandingkan pusat-pusat pembangkit konvensional dan dapat dipasangkan hampir pada setiap titik sistem tenaga listrik.

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)





## 7

DG sebagai *Negative PQ Load* [6]

- Jika pada bus / dipasang DG dengan kapasitas 10 kW dan 5 kVAR. Maka total beban di bus tersebut menjadi

$$20 \text{ kW} + 10 \text{ kVAR} - 10 \text{ kW} - 5 \text{ kVAR} = 10 \text{ kW} + 5 \text{ kVAR}.$$

- Jika DG pada bus / diganti beban dengan nilai yang sama. Maka total beban yang terpasang menjadi

$$20 \text{ kW} + 10 \text{ kVAR} + 10 \text{ kW} + 5 \text{ kVAR} = 30 \text{ kW} + 15 \text{ kVAR}.$$

**Tanda negatif ditampilkan sebagai informasi bahwa bus tersebut bekerja sebagai generator**



## 8

## Studi Kasus

## Studi Kasus

Kasus A  
IEEE 33  
Bus

Kasus B  
IEEE 34  
Bus

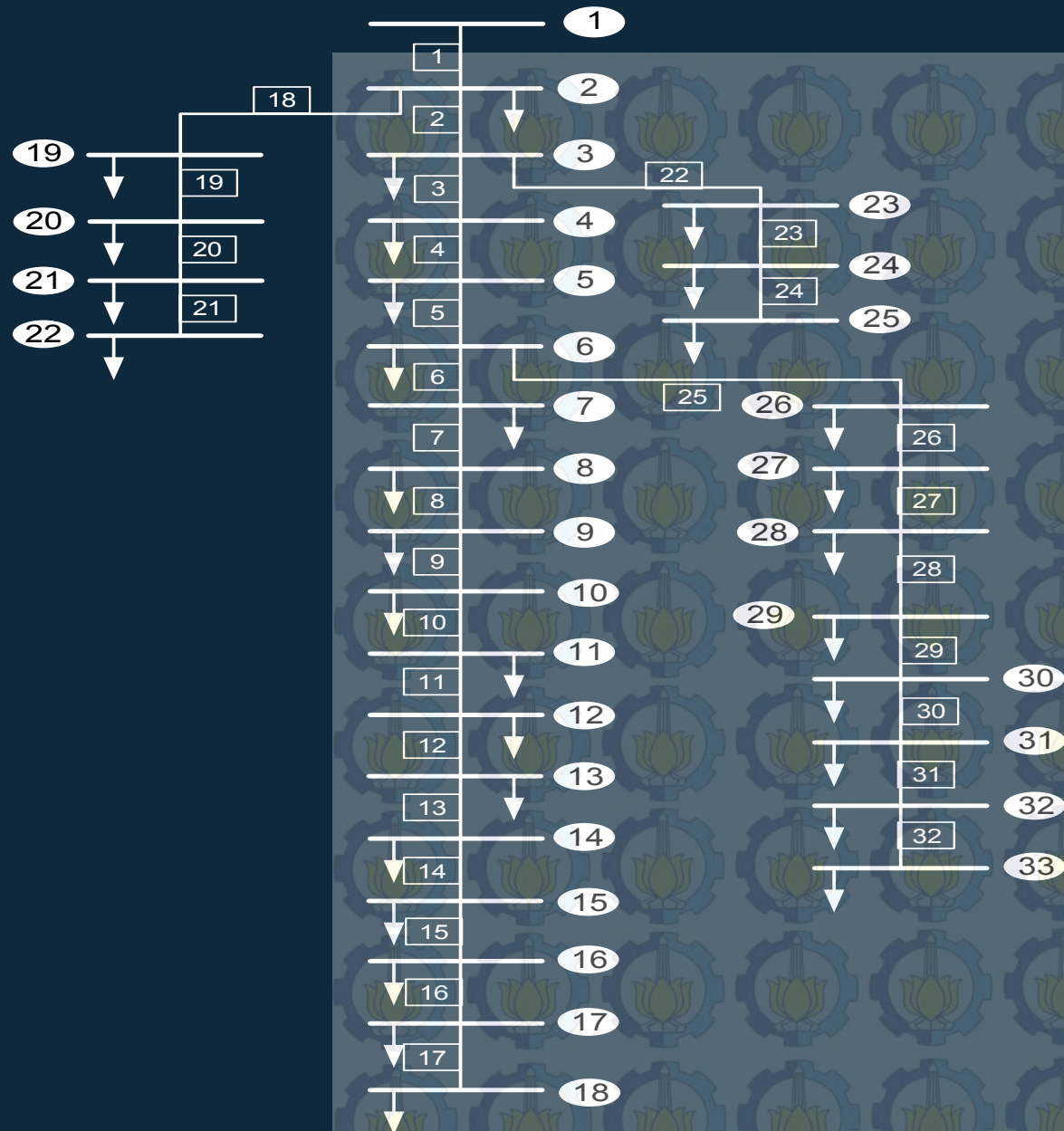
Kasus C  
IEEE 69  
Bus

## Hal yang diperhatikan :

- Studi dilakukan dengan memperhatikan total nilai rugi daya aktif dari setiap kasus.
- Total Kapasitas DG yang terpasang dalam tiap kasus sama besar yaitu 50% dari total beban [16].
- Penambahan jumlah DG akan membagi kapasitas DG sama besar [17].







**Total Beban**  
3,715 MW  
2,300 MVAR

**Total Losses**  
202,693 kW  
5,15 %

**Saluran Distribusi IEEE**  
**33 Bus Modifikasi**

**A**



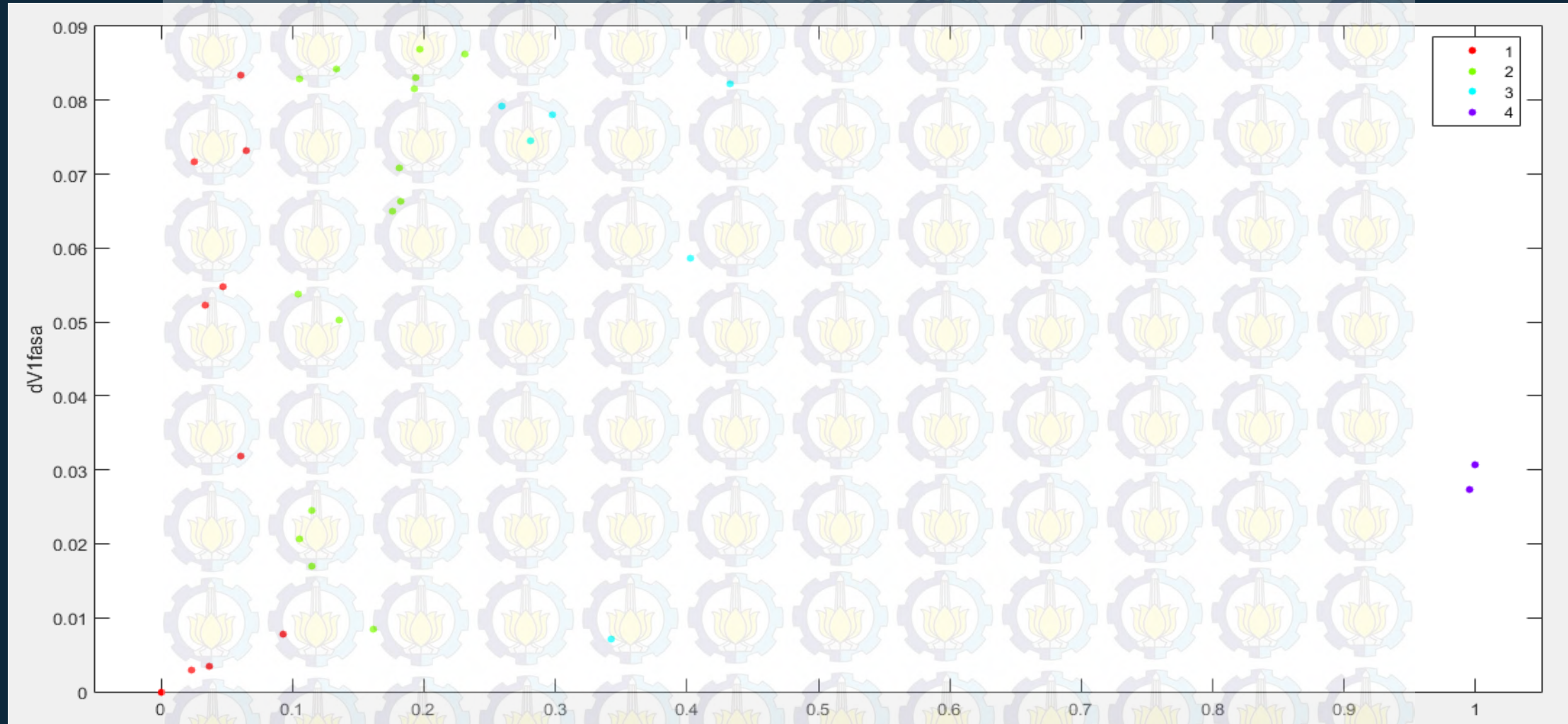
Bus	LSF normalisasi	dV normalisasi	Bus	LSF normalisasi	dV normalisasi
1	0.00000	0.00000	18	0.19731	0.08693
2	0.02316	0.00297	19	0.03711	0.00350
3	0.11467	0.01706	20	0.34287	0.00707
4	0.11525	0.02454	21	0.09347	0.00778
5	0.06092	0.03194	22	0.16202	0.00842
6	0.13605	0.05034	23	0.10572	0.02065
7	0.10442	0.05383	24	0.99539	0.02732
8	0.40264	0.05869	25	1.00000	0.03064
9	0.17650	0.06496	26	0.03386	0.05227
10	0.18114	0.07077	27	0.04766	0.05483
11	0.02563	0.07163	28	0.18198	0.06627
12	0.06529	0.07313	29	0.28132	0.07449
13	0.25942	0.07924	30	0.29817	0.07805
14	0.19236	0.08151	31	0.43326	0.08221
15	0.10528	0.08292	32	0.19367	0.08312
16	0.13334	0.08429	33	0.06081	0.08341
17	0.23133	0.08632			

## Profil LSF dan dV setiap Bus dalam IEEE 33 Bus





# Hasil Pengelompokan dengan K-means Clustering





# Cluster 1

No	Bus	LSF normalisasi	dV normlisasi	Indeks Clustering	Cluster
1	33	0.06081	0.08341	0.07211	1
2	12	0.06529	0.07313	0.06921	1
3	27	0.04766	0.05483	0.05125	1
4	21	0.09347	0.00778	0.05063	1
5	11	0.02563	0.07163	0.04863	1
6	5	0.06092	0.03194	0.04643	1
7	26	0.03386	0.05227	0.04306	1
8	19	0.03711	0.00350	0.02031	1
9	2	0.02316	0.00297	0.01306	1
10	1	0.00000	0.00000	0.00000	1





# Cluster 2

No	Bus	LSF normalisasi	dV normlisasi	Indeks Clustering	Cluster
1	17	0.23133	0.08632	0.15882	2
2	18	0.19731	0.08693	0.14212	2
3	32	0.19367	0.08312	0.13840	2
4	14	0.19236	0.08151	0.13694	2
5	10	0.18114	0.07077	0.12596	2
6	28	0.18198	0.06627	0.12412	2
7	9	0.17650	0.06496	0.12073	2
8	16	0.13334	0.08429	0.10882	2
9	15	0.10528	0.08292	0.09410	2
10	6	0.13605	0.05034	0.09320	2
11	22	0.16202	0.00842	0.08522	2
12	7	0.10442	0.05383	0.07913	2
13	4	0.11525	0.02454	0.06990	2
14	3	0.11467	0.01706	0.06587	2
15	23	0.10572	0.02065	0.06318	2





# Cluster 3

No	Bus	LSF normalisasi	dV normlisasi	Indeks Clustering	Cluster
1	31	0.43326	0.08221	0.25774	3
2	8	0.40264	0.05869	0.23066	3
3	30	0.29817	0.07805	0.18811	3
4	29	0.28132	0.07449	0.17790	3
5	20	0.34287	0.00707	0.17497	3
6	13	0.25942	0.07924	0.16933	3

# Cluster 4

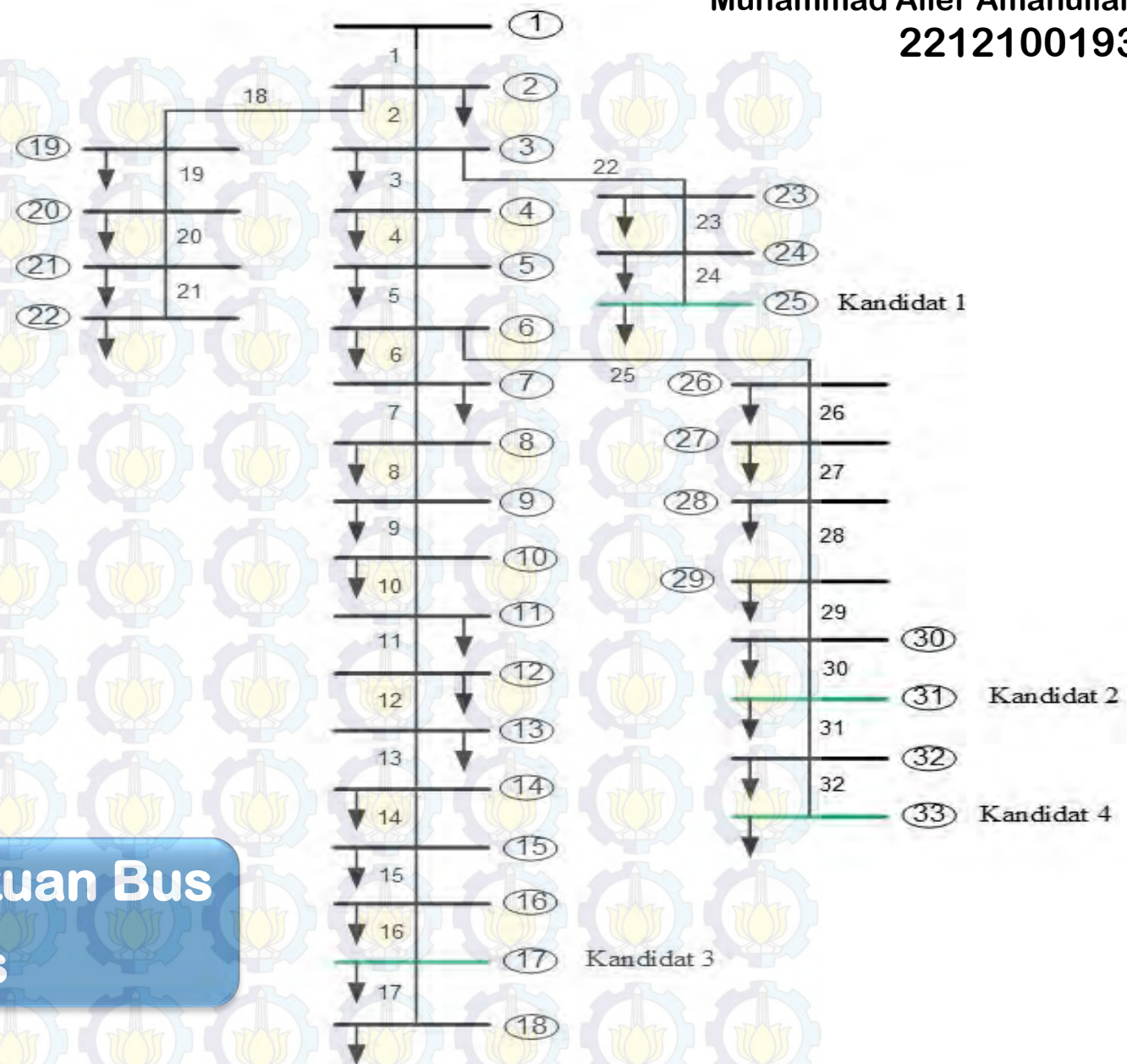
No	Bus	LSF normalisasi	dV normlisasi	Indeks Clustering	Cluster
1	25	1.00000	0.03064	0.51532	4
2	24	0.99539	0.02732	0.51136	4





Ranking	Cluster	Rata-rata Indeks
1	4	0.51334
2	3	0.19978
3	2	0.10710
4	1	0.04147

Kandidat	Bus	Cluster
1	25	4
2	31	3
3	17	2
4	33	1



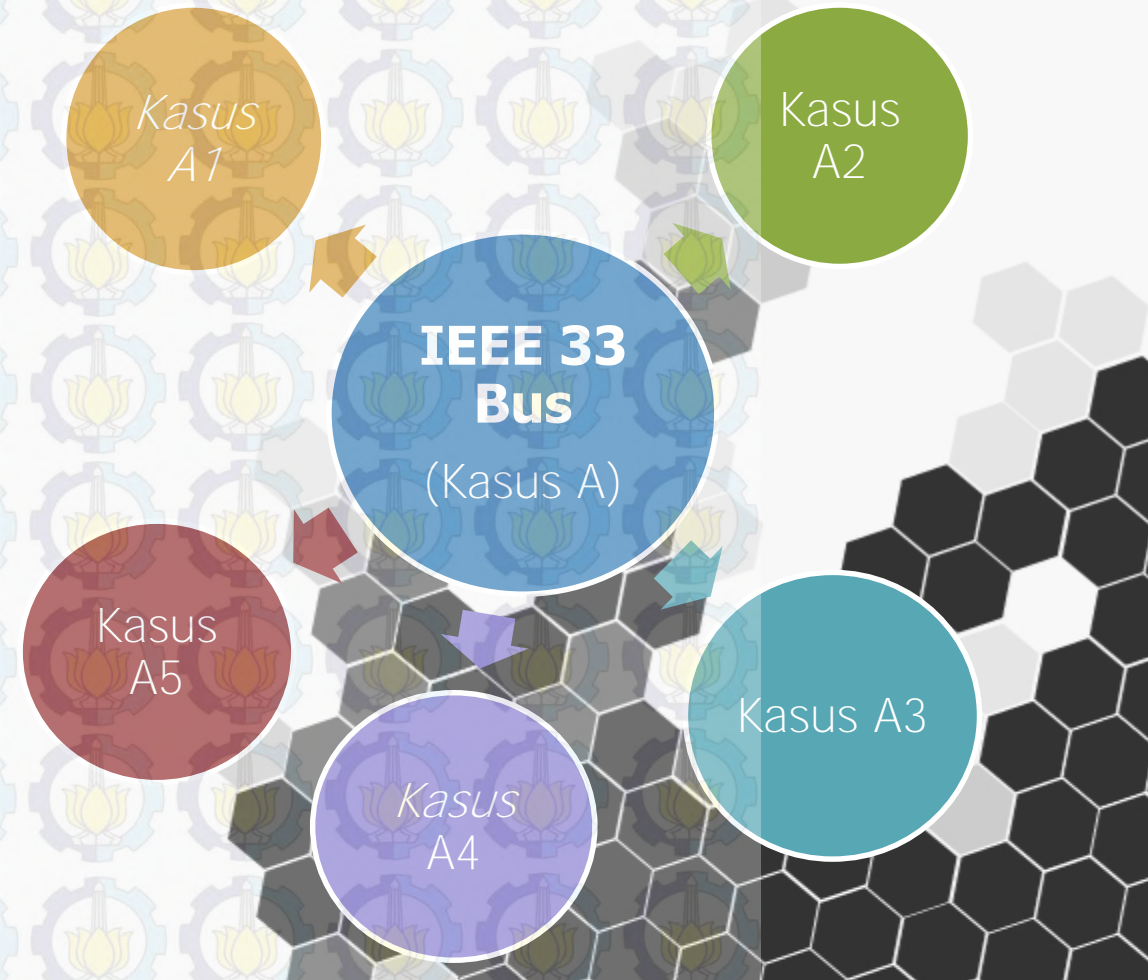
**Hasil *Clustering* dan Penentuan Bus  
Kandidat pada IEEE 33 Bus**



A

# Simulasi Aliran Daya Aktif Kasus A (IEEE 33 Bus)

Kasus	Lokasi DG	Kapasitas per DG	
<b>Kasus A1 – Base Case</b>	Pasif (tanpa DG)	-	
<b>Kasus A2</b>	Bus 25	1,857 MW	1,15 MVAR
<b>Kasus A3</b>	Bus 25, 31	0,928 MW	0,575 MVAR
<b>Kasus A4</b>	Bus 25, 31, 17	0,620 MW	0,383 MVAR
<b>Kasus A5</b>	Bus 25, 31, 17, 33	0,4643 MW	0,2875 MVAR





A

## Report Analisis Kasus A

### Total Rugi Saluran per Kasus dalam Kasus A



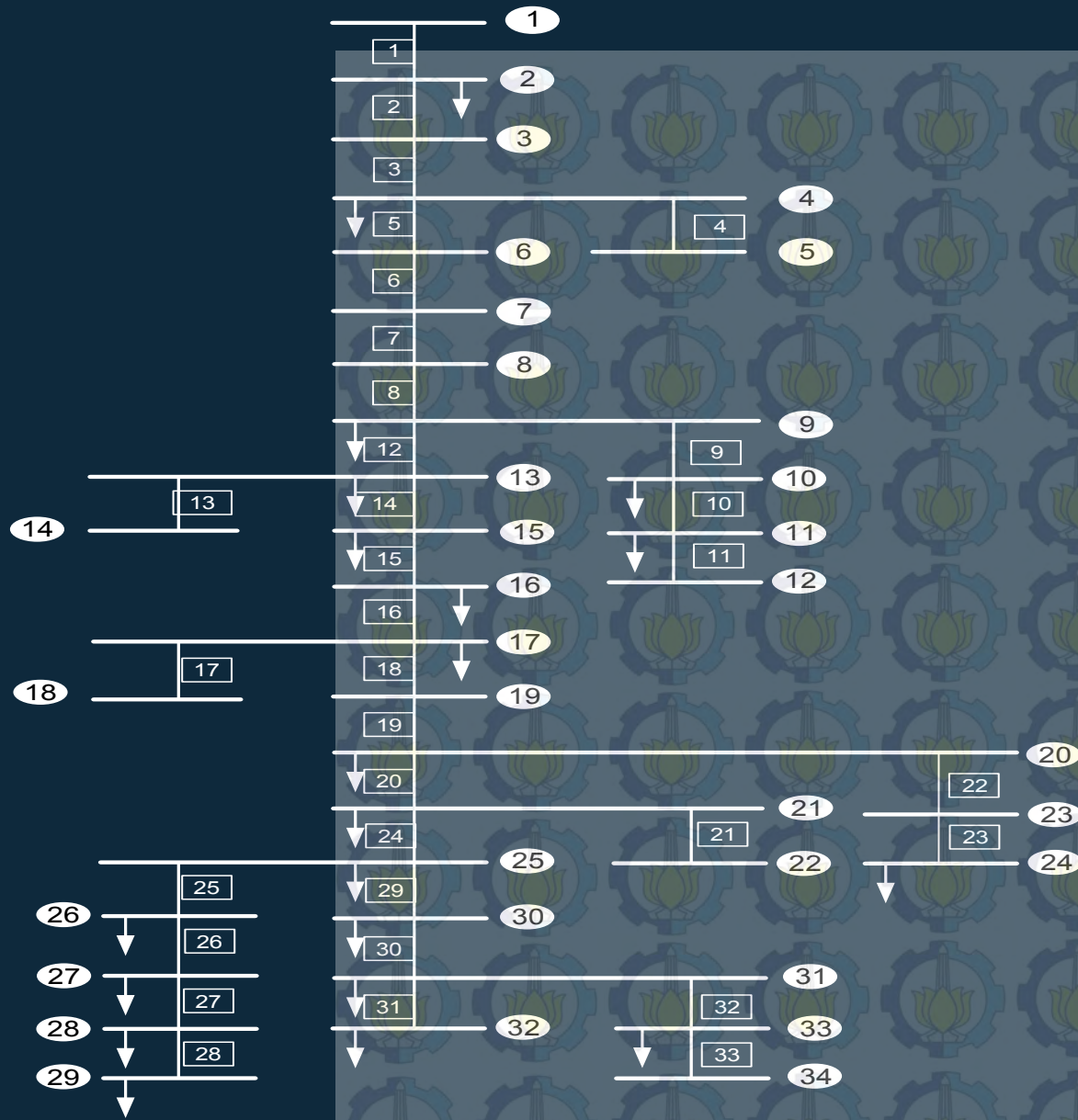


“

Kasus IEEE 33 bus (Kasus A) mendapatkan perbaikan nilai losses saluran terbaik pada kasus 5A dengan pemasangan 4 DG. Nilai losses dari 202,69 kW turun menjadi 34,2240 kW atau turun 83,11% dari nilai losses awal.







Total Beban  
0,24 MW  
0,176 MVAR

Total Losses  
39,244 kW  
13,98%

Saluran Distribusi IEEE  
34 Bus Modifikasi

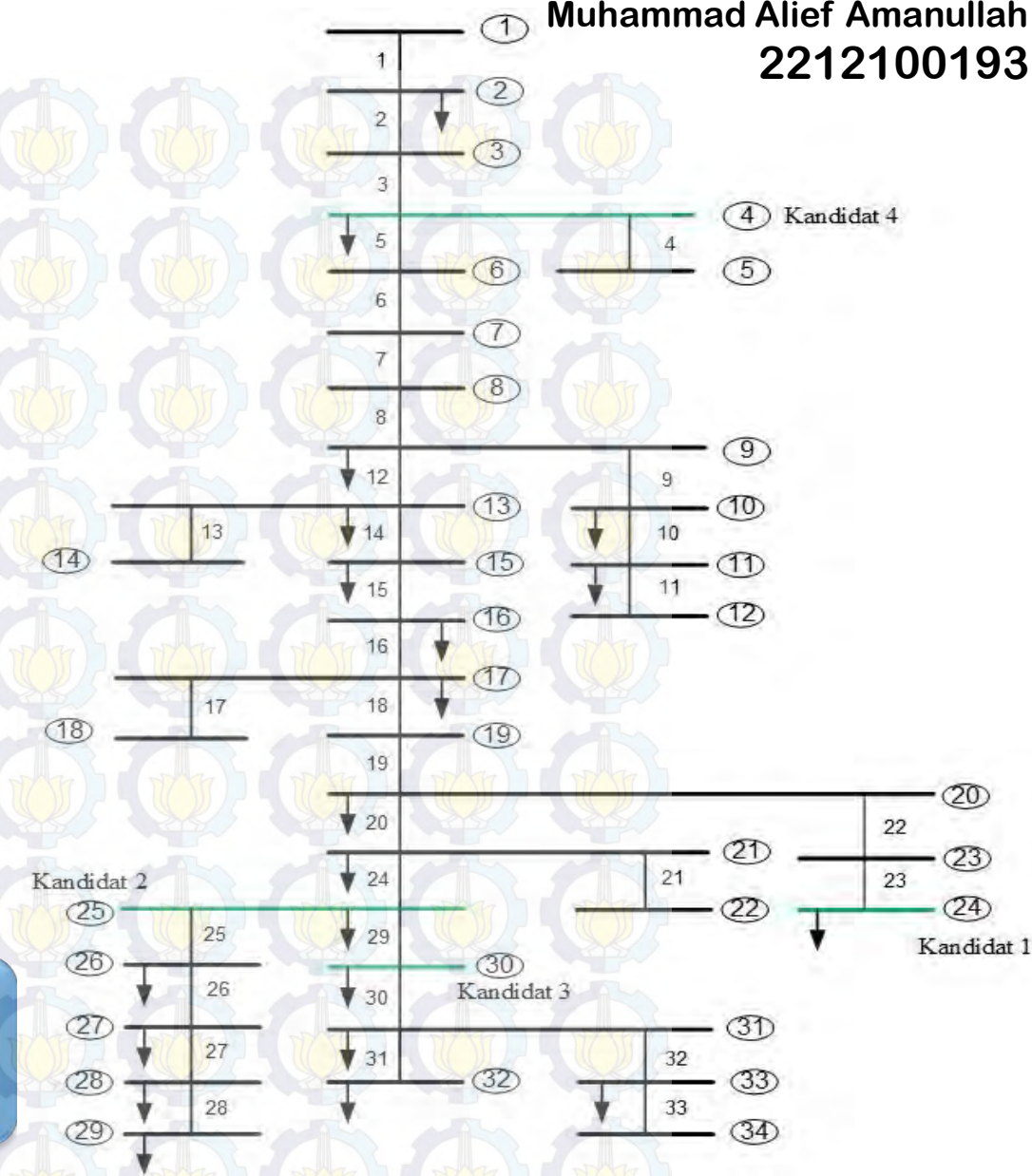
B





Rangking	Cluster	Indeks
1	3	0.5036
2	1	0.1378
3	4	0.0371
4	2	0.0148

Kandidat	Bus	Cluster
1	24	3
2	25	1
3	30	4
4	4	2



**Hasil *Clustering* dan Penentuan Bus Kandidat pada IEEE 34 Bus**



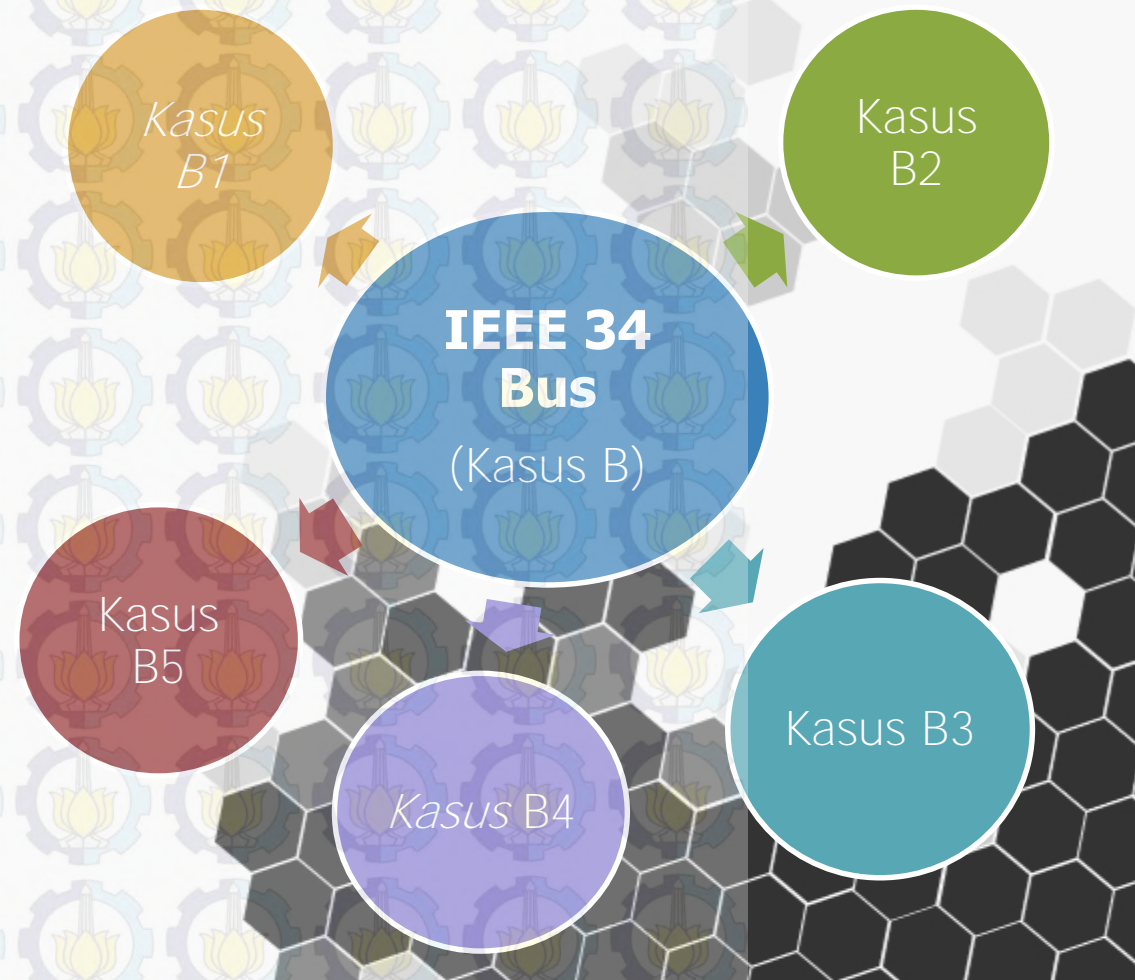
# B

## Simulasi Aliran Daya Aktif Kasus B (IEEE 34 Bus)

Muhammad Alief Amanullah

2212100193

Kasus	Lokasi DG	Kapabilitas per DG	
<b>Kasus B1 – Base Case</b>	Pasif (tanpa DG)	-	
<b>Kasus B2</b>	Bus 24	0,303 MW	0,22 MVAR
<b>Kasus B3</b>	Bus 24 25	0,1515 MW	0,11 MVAR
<b>Kasus B4</b>	Bus 24 25 30	0,101 MW	0,074 MVAR
<b>Kasus B5</b>	Bus 24 25 30 4	0,0758 MW	0,055 MVAR





B

## Report Analisis Kasus B

## Total Rugi Saluran Kasus B



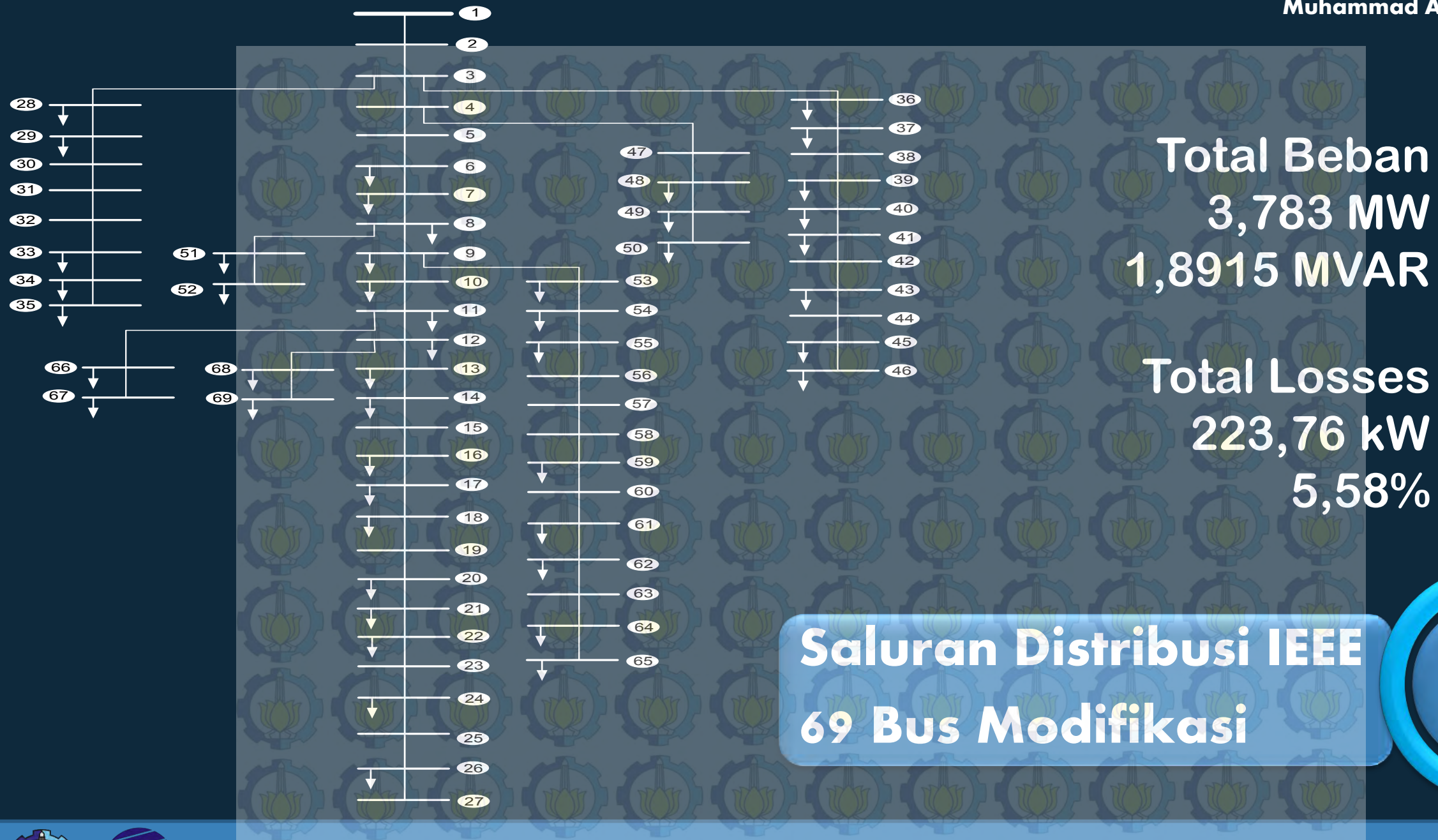


“

Kasus IEEE 34 bus (Kasus B) mendapatkan perbaikan nilai losses saluran terbaik pada kasus 4B dengan pemasangan 3 DG. Nilai losses dari 39,244 kW menjadi 6,0499 kW atau turun 84,58% dari nilai losses awal.



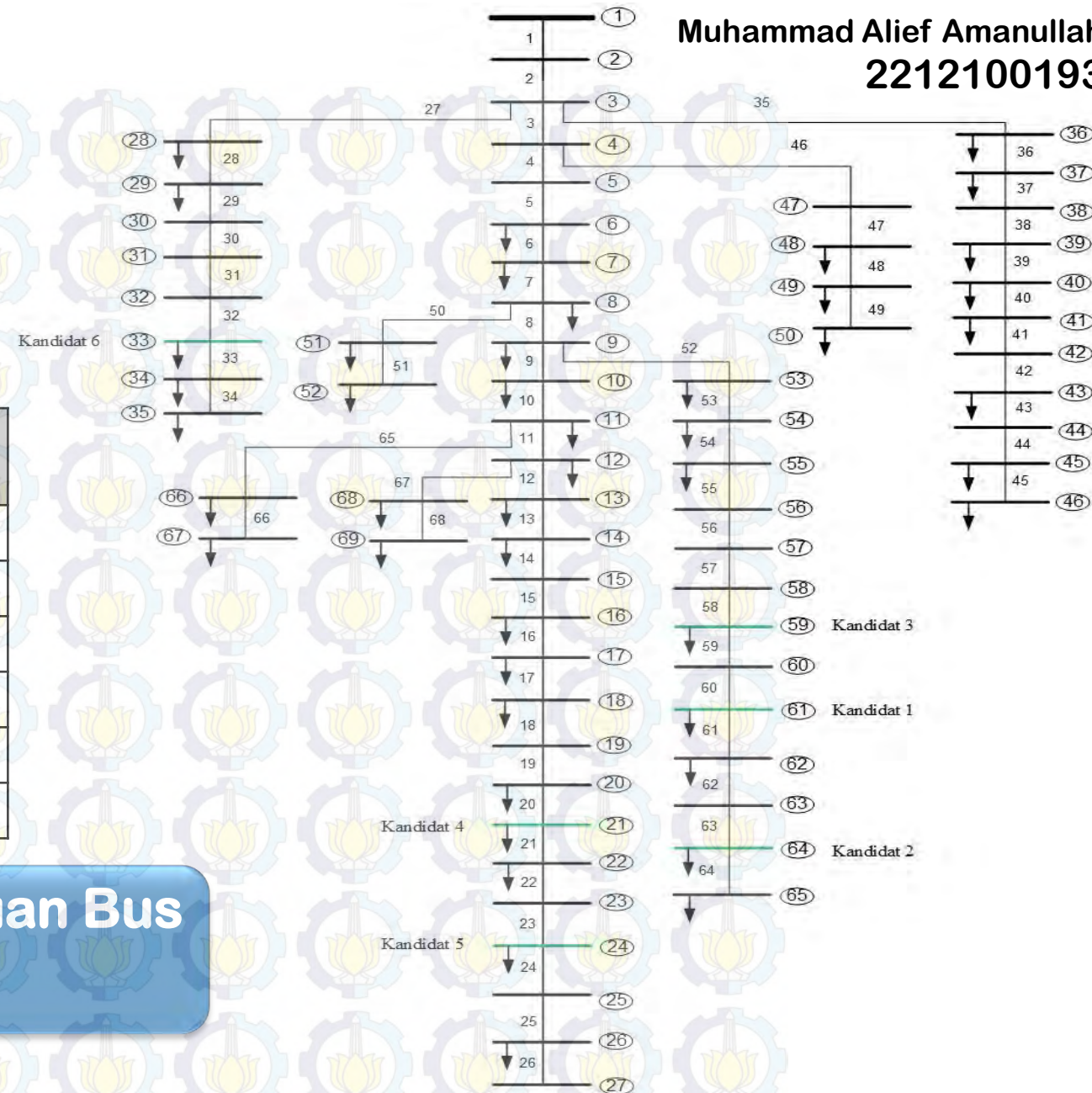






Rangking	Cluster	Indeks
1	3	0.543753259
2	5	0.108218974
3	6	0.042798546
4	2	0.030173282
5	4	0.019338356
6	1	0.001934821

Kandidat	Bus	Cluster
1	61	3
2	64	5
3	59	6
4	21	2
5	24	4
6	33	1



**Hasil *Clustering* dan Penentuan Bus  
Kandidat pada IEEE 69 Bus**

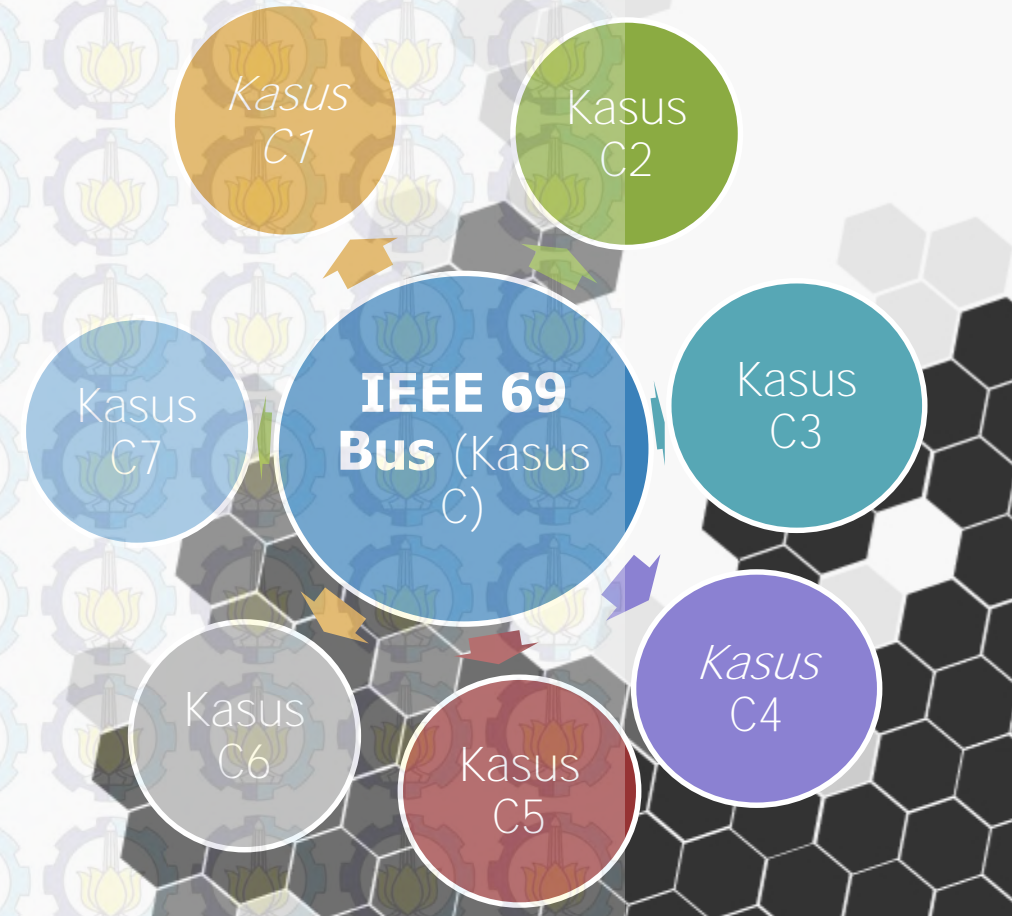




C

## Simulasi Aliran Daya Aktif Kasus C (IEEE 69 Bus)

Kasus	Lokasi DG	Kapasitas per DG	
<b>Kasus 1C – Base Case</b>	Pasif (tanpa DG)	-	
<b>Kasus 2C</b>	Bus 61	1,891 MW	1,342 MVAR
<b>Kasus 3C</b>	Bus 61 64	0,9457 MW	0,6712 MVAR
<b>Kasus 4C</b>	Bus 61 64 59	0,6305 MW	0,4475 MVAR
<b>Kasus 5C</b>	Bus 61 64 59 21	0,4730 MW	0,3356 MVAR
<b>Kasus 6C</b>	Bus 61 64 59 21 24	0,3783 MW	0,2685 MVAR
<b>Kasus 7C</b>	Bus 61 64 59 21 24 33	0,3153 MW	0,2240 MVAR

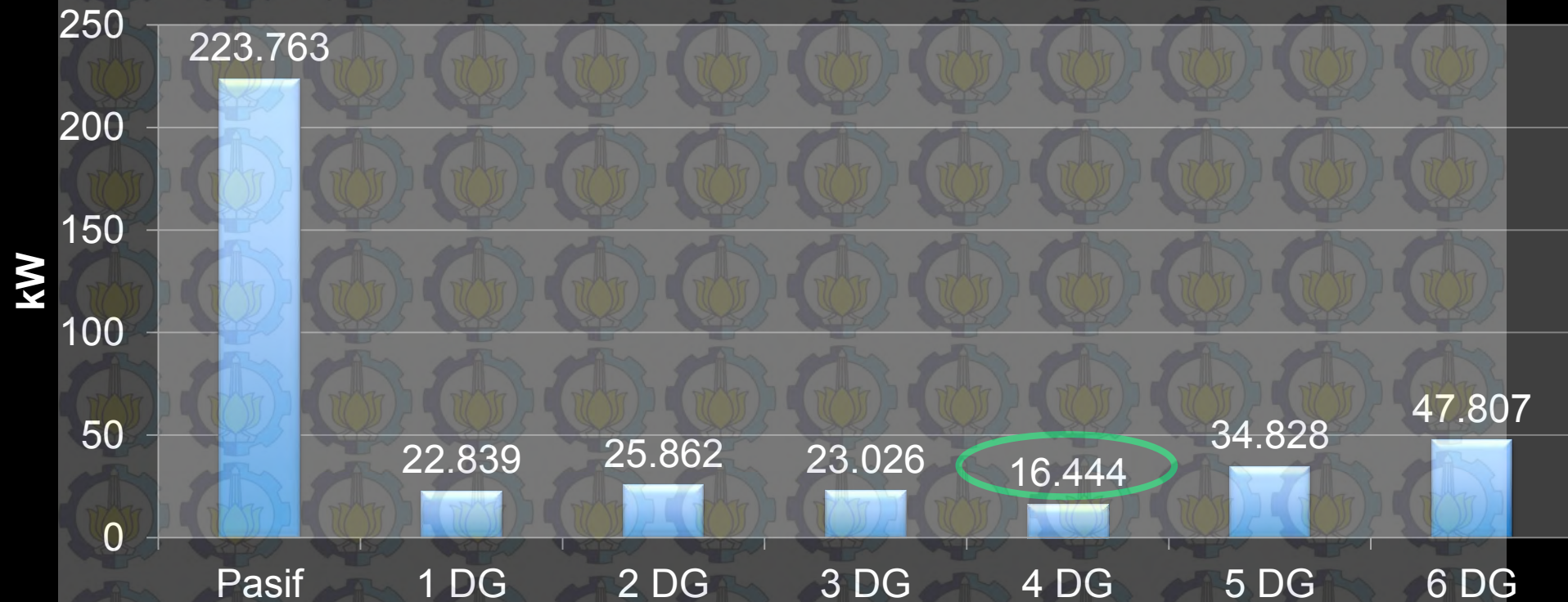




C

## Report Analisis Kasus C

## Total Rugi Saluran Kasus C





“

Kasus IEEE 69 bus (Kasus C) mendapatkan perbaikan nilai losses saluran terbaik pada kasus 5C dengan pemasangan 4 DG. Nilai losses dari 223,763 kW menjadi 16,4439 kW atau turun 92,65% dari nilai losses awal.





# Kesimpulan

◆ Metode penentuan lokasi pemasangan DG menggunakan *K-means Clustering* memiliki konvergensi yang cepat

Sistem jaringan IEEE 33 bus membutuhkan 8 kali iterasi

sistem jaringan IEEE 34 bus membutuhkan 5 kali iterasi

sistem jaringan IEEE 69 bus membutuhkan 7 kali iterasi

Jumlah iterasi bergantung dari variasi data LSF dan dV setiap bus dari masing-masing sistem

◆ Dengan total kapasitas DG yang sama dan pembagian kapasitas yang sama pada tiap DG yang akan dipasang, jumlah efektif pemasangan DG pada sistem berjumlah 3-4.

IEEE 33 Bus -> 4 DG pada bus 25, 31, 17, 33 (0,4643 MW dan 0,2875 MVAR)

IEEE 34 Bus -> 3 DG pada bus 24, 25, 30 (0,101 MW dan 0,074 MVAR)

IEEE 69 Bus -> 4 DG pada bus 61, 64, 59, 21 (0,473 MW dan 0,3356 MVAR)





# Kesimpulan

◆ Penambahan DG yang terlalu banyak menyebabkan nilai losses yang naik kembali.

Kasus IEEE 34 bus nilai losses naik pada pemasangan DG ke 4 dari sebelumnya 6,050 kW menjadi 10,221 kW

Kasus IEEE 69 bus nilai losses naik pada pemasangan DG ke 5 dan 6 dari sebelumnya 16,444 kW menjadi 34,828 kW dan menjadi 47,807 kW.

◆ Metode K-means clustering dapat digunakan sebagai metode dalam menentukan lokasi pemasangan DG mulai dari single DG hingga multi DG





# Daftar Pustaka

1. A. Mohamed Imran a, M. Kowsalya, D.P. Kothari. "A novel integration technique for optimal network reconfiguration and distributed generation placement in power distribution networks". Electrical Power and Energy Systems 63, 461–472 ELSEVIER, Juli 2014.
2. Juan Andrés Martín García 1, Antonio José Gil Mena. "Optimal distributed generation location and size using a modified teaching–learning". Electrical Power and Energy Systems 50, 65–75. ELSEVIER Maret 2013.
3. N. V. V. Karunakar.Jureedi, K. M. Rosalina, N. Prema Kumar. "Clustering Analysis and its Application in Electrical Distribution System". International Journal of Electrical, Electronics and Computer Systems (IJECS). 2013.
4. Saadat, Hadi "*Power System Analysis*", WCB McGraw-Hill, 1999
5. Kersting, William H. "*Distribution System Modeling and Analysis*". CRC Pres, America, 2002
6. D. Bhujel, B. Ahikary, A. K. Mishra, Phd. "A Load Flow Algorithm for Radial Disribution System with Distributed Generation", IEEE ICSET, Nepal, 2012.
7. U.Eminogiu and H.Hocaoglu,. """. Department of Electronics Engineering, Gebze Institute of Technology. Kocaeli, Turkey, Januari 2009
8. Janev Vanco., "Implementation and Evaluation of a Distribution Load Flow Algorithm for Networks with Distributed Generator", semester work, Swiss Federal Institute of Technology. Zurich, 2009
9. Priyanka Paliwal, N. P. Patidar, R. K. Nema, "Planning of grid integrated distributed generators: A review of technology, objectives and techniques". Renewable and Sustainable Energy Reviews 40, 557–570, ELSEVIER, Agustus 2014.





# Daftar Pustaka

10. S.G Bharathi Dasan and S.Selvi Ramalakshmi, "Optimal Siting and Sizing of Hybrid Distributed Generation using EP", Thrid International Conference on Power System, Kharagpun, India, 2009.
11. Ackermann Thomas, Andersson Goran, Soder Lennart. "Distributed Generation : a definition". Electric Pwer System Research, Zurich, Swiss, Desember 2000.
12. D. Johan, B. Rnnie, "Distributed Generation in Future Grid". Kuleuven-ESAT/ELECTA, 2003.
13. Trupti M. Kodariya, Prashant R Makwana. "Review on determing number of cluster in K-means Clustering". International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies, November 2013.
14. Wu Junjie. "Advance in K-means Clustering"Springer Pres, 2012.
15. Florina Scarlatache, Gheorghe Grigoraş, Gianfranco Chicco, Gheorghe Cârţină. "Using k-Means Clustering Method in Determinationof the Optimal Placement of Distributed Generation Sources in Electrical Distribution Systems". IEEE 2012.
16. S. Gopiya Naik, D.K Khatod, M.P. Sharma, "Optimal Allocation of Combined DG and Capacitor for Real Power Loss Minimization in Distribution Networks", Electrical Power and Energy System, Juni 2013.
17. M. Ettehadi, H. Ghasemi, S. Vaez-Zadeh. "Voltage Stability DG Placement in Distribution Network".IEEE Transactions on Power Delivery, Vol 28, Januari 2013.





“

TERIMA KASIH



**Studi Penentuan Lokasi Distributed Generation (DG) untuk mengurangi Rugi-Rugi Daya pada Sistem Jaringan Distribusi Radial menggunakan Metode K-means Clustering**